



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO**  
**INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

# **VELKOOBJEMOVÁ NÁSTAVBA PRO NOSIČ VÝMĚNNÝCH NÁSTAVEB PRO AGROTAHAČ 6 X 6**

**LARGE VOLUME CARRIER BODY FOR SWAP BODIES FOR AGRI TRUCK 6 X 6**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**Bc. MARTIN TŮMA**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.**

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2014/2015

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Martin Tůma

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Automobilní a dopravní inženýrství (2301T038)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Velkoobjemová nástavba pro nosič výměnných nástaveb pro agrotahač 6 x 6**

v anglickém jazyce:

### **Large volume carrier body for swap bodies for agri truck 6 x 6**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Konstrukční návrh velkoobjemové nástavby pro nosič výměnných nástaveb pro agrotahač 6x6

Základní technické parametry:

- Objem nástavby cca 60 m<sup>3</sup>
- Kónický tvar nástavby pro lepší vyprazdňování
- Bočnice z profilovaného plechu
- Parametry nástavby: délka cca 13 000 mm  
šířka max. 2 550 mm  
výška max. 4 000 mm

Cíle bakalářské práce:

Technická zpráva obsahující:

- kritickou rešerši obdobných konstrukčních řešení velkoobjemových výměnných nástaveb
- konstrukční návrh velkoobjemové výměnné nástavby
- funkční a rozměrové výpočty
- pevnostní výpočet velkoobjemové výměnné nástavby a další výpočty dle vedoucího DP

Výkresová dokumentace obsahující:

- celkovou sestavu velkoobjemové výměnné nástavby
- podsestavy a výrobní výkresy dle pokynů vedoucího DP

Seznam odborné literatury:

SYROVÝ, Otakar. Doprava v zemědělství. 1. Vyd. Praha: Profi Press, 2008, 248 s. ISBN 978-80-86726-30-4

PTÁČEK, P., KAPLÁNEK, A.: Přeprava nákladu v silniční dopravě, CERM, Brno, 2002, ISBN 80-7204-257-2

VLK, František. Dynamika motorových vozidel. Brno: Nakladatelství a vydavatelství František Vlk, 2000. ISBN 80-238-5273-6



## ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá návrhem velkoobjemové nástavby pro nosič výměnných nástaveb o objemu  $60 \text{ m}^3$ . Práce v úvodní části obsahuje rešeršní část. Prostřední část se zabývá návrhem koncepce nástavby. Poslední části práce obsahuje pevnostní výpočty pomocí metody konečných prvků. Pevnostní kontrola se zabývá především deformační a napěťovou analýzou v různých zátěžových stavech. Součástí diplomové práce je také výkresová dokumentace. Práce byla vytvořena ve spolupráci s firmou ZDT spol. s.r.o. Nové Veselí.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Velkoobjemová nástavba, výměnný systém nástaveb, metoda konečných prvků

## ABSTRACT

This diploma thesis deals with proposal large volume carrier body for swap bodies with volume  $60 \text{ m}^3$ . In beginning the thesis includes background research part. In the middle part describes the design of conception body. Work in the last part contains the strength calculations using the finite element method. Strength checks consider especially deformation and strain analysis in different load angle states. Part of the thesis is also design documentation. Work is created in co-operation with company ZDT Ltd.

## KEYWORDS

Large volume carrier, replaceable system body, finite element method



## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TŮMA, M. *Velkoobjemová nástavba pro nosič výměnných nástaveb pro agrotahač 6 x 6*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 68 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D..



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jaroslava Kašpárka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 28. května 2015

.....

Martin Tůma



## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji panu Jaroslavu Kašpárkovi, Ph.D. za poskytnuté rady a připomínky, dále firmě ZDT Nové Veselí, jmenovitě panu Ing. Michalu Pikulovi za jeho vstřícné jednání a věcné poznatky. Dále děkuji celé své rodině za podporu po celou dobu studia.



## OBSAH

Úvod .....	11
1 Přehled současných typů nástaveb .....	12
1.1 Jednouúčelové nástavby .....	12
1.2 Výměnné nástavby .....	12
1.2.1 Nástavba sklápěcí .....	13
1.2.2 Nástavba cisternová .....	13
1.2.3 Rozmetadlo chlěvské mrvy .....	13
1.2.4 Velkoobjemová korba .....	14
1.2.5 Korba s výtlačným čelem .....	14
1.3 Uložení nástaveb na nosiči nástaveb .....	15
1.3.1 Uložení nástavby na koulích .....	15
1.3.2 Uložení nástavby pomocí systému Twist-Lock .....	15
1.3.3 Zajištění nástavby pomocí rychlospojek .....	16
1.4 Odstavný systém nástaveb .....	16
1.4.1 Zvedání nástavby pomocí přímočarého hydromotoru .....	16
1.4.2 Zvedání nástavby pomocí hydropneumatického odpružení .....	17
1.4.3 Jiná možnost zvedání nástaveb .....	17
1.5 Uložení nepoužívaných nástaveb .....	18
1.6 Přehled a porovnání velkoobjemových výměnných nástaveb .....	18
1.6.1 Joskin Silo - CARGO 24/50 .....	19
1.6.2 Annaburger HTS 33.03 .....	20
1.6.3 Fliegel ASW 3101 .....	21
1.6.4 HAWE SLW 50 TN .....	22
1.6.5 Bergmann HTW 65 / 65 S .....	23
1.6.6 Romill Mamut 56 .....	24
2 Legislativní požadavky .....	25
2.1 Vymezení jednotlivých pojmů [4]: .....	25
3 Koncepční návrh řešení .....	26
3.1 Nosná konstrukce nástavby .....	26
3.1.1 Tenkostěnný uzavřený profil .....	27
3.1.2 I-profil .....	27
3.1.3 U-profil .....	27
3.1.4 Nosný rám nástavby .....	28
3.1.5 Uložení nástavby na nosiči nástaveb .....	29
3.1.6 Přední čelo .....	30





3.1.7	Podlaha a dopravník nástavby .....	31
3.1.8	Bočnice nástavby .....	31
3.1.9	Zadní výklopné čelo .....	31
4	Rozbor sil působících na nástavbu .....	33
4.1	Brzdění nástavby .....	33
4.2	Akcelerace nástavby .....	33
4.3	Průjezd zatáčkou .....	33
4.4	Výpočet zatížení .....	34
4.4.1	Základní charakteristiky nástavby: .....	34
4.4.2	Výpočet zatížení podlahy .....	35
4.4.3	Výpočet zatížení na stěny nástavby .....	35
4.5	Výpočet zatížení při přepravě .....	35
4.5.1	Tlak na přední čelo vzniklý brzděním .....	36
4.5.2	Tlak na bočnici vzniklý průjezdem zatáčky .....	36
4.5.3	Tlak na zadní čelo způsobený zrychlením .....	36
5	Výpočet návrhové pevnosti .....	37
5.1	Ocel 11 523 .....	37
5.2	Ocel 11 375 .....	37
6	MKP analýza .....	38
6.1	Tvorba fem modelu .....	38
6.2	Použité prvky .....	38
6.3	Výsledky výpočtu nástavby a jejich popis .....	39
6.4	Uložení nástavby na odstavných nohách .....	40
6.5	Přeprava po rovině .....	41
6.5.1	Místo s největším napětím – [REDACTED] .....	42
6.5.2	Místo s největším napětím – [REDACTED] .....	43
6.5.3	Místo s největším napětím – [REDACTED] .....	43
6.5.4	Místo s největším napětím – [REDACTED] .....	44
6.6	Přeprava – brzdění .....	45
6.7	Přeprava – zrychlení .....	46
6.8	Přeprava – zatáčka .....	47
7	Návrh konstrukčních úprav .....	48
8	MKP analýza po konstrukční úpravě .....	49
8.1	Přeprava po rovině .....	49
8.1.1	Místo s největším napětím – [REDACTED] .....	50
8.1.2	Místo s největším napětím – [REDACTED] .....	50



8.1.3	Místo s největším napětím – [REDACTED]	51
8.2	Přeprava – brzdění	52
8.2.1	Místo s největším napětím – [REDACTED]	53
8.2.2	Místo s největším napětím – [REDACTED]	53
8.2.3	Místo s největším napětím – [REDACTED]	54
8.3	Přeprava – zrychlení	55
8.4	Přeprava – zatáčka	56
8.4.1	Místo s největším napětím – [REDACTED]	57
8.4.2	Místo s největším napětím – [REDACTED]	57
8.4.3	Místo s největším napětím – [REDACTED]	58
8.4.4	Místo s největším napětím – [REDACTED]	58
8.4.5	Místo s největším napětím – [REDACTED]	59
8.4.6	Místo s největším napětím – [REDACTED]	59
8.4.7	Místo s největším napětím – [REDACTED]	60
9	Vyhodnocení	61
	Závěr	63
	Použité informační zdroje	64
	Seznam použitých zkratk	66
	Seznam použitých symbolů	66
	Seznam výkresové dokumentace	68



## ÚVOD

U traktorových návěsů je v dnešní době často používaný systém výměnných nástaveb, kdy může být použita korba, korba s výtlačným čelem, cisterna, rozmetadlo chlévské mrvy a jiné na jednom univerzálním podvozku. Tato diplomová práce se zabývá problematikou výměnných velkoobjemových nástaveb používaných na univerzálním podvozku. Nástavba bude součástí výměnného systému nástaveb, které se mění na univerzálním podvozku dle aktuální potřeby uživatele. Tento systém se v zemědělství v posledních letech dynamicky rozvíjí. Spojuje v sobě účelnost jednotlivých nástaveb při nutnosti použití pouze jednoho podvozku. Řízeným nákupem efektivního systému pro daný provoz lze ušetřit až 35% vstupních nákladů. Taktéž i provozní náklady jsou nižší u výměnného systému. Odpadá starost o celé vozy, ale udržují se pouze nástavby a jeden podvozek (či více, dle potřeby uživatele).

Navrhovaná nástavba bude o objemu cca 60 m<sup>3</sup> a bude konstruována na univerzální podvozek, který je taktéž v současné době navrhován pro firmu ZDT Nové Veselí. Nástavba bude nejčastěji využívána při sklizni a převozu travní senáže, silážní kukuřice, ale i pro převoz štěrky a dalších lehčích komodit.

Výstupem této práce bude koncepční návrh nástavby, pevnostní výpočet s případnou tvarovou optimalizací a částečná výkresová dokumentace. Návrh velkoobjemové nástavby bude proveden jako 3D model v programu Autodesk Inventor 2013, výpočtový model a samotná pevnostní analýza bude provedena v programu NX I-Deas a výkresová dokumentace bude zhotovena pomocí programu AutoCad 2013.



# 1 PŘEHLED SOUČASNÝCH TYPŮ NÁSTAVEB

Mezi největší výrobce traktorových návěsů patří firmy Fliegl agrotechnik s výrobními závody v Německu, Španělsku a Maďarsku, dále německý Annaburger GmbH či Krampe GmbH, polský Pronar Sp. z o.o, belgická firma Joskin nebo firma Farmtech d.o.o. ve Slovinsku. Z českých firem se touto problematikou zabývá firma ZDT Nové Veselý s.r.o., dále firma WTC Písečná, tábořská firma Umega a opavská firma S-profit.

Nástavby lze obecně rozdělit do dvou skupin. První skupinou jsou nástavby jednoúčelových návěsů, které jsou zabudované do podvozku a zpravidla nejsou od podvozku oddělitelné. Druhou skupinu tvoří vyměnitelné nástavby umístěné na univerzálním podvozku víceúčelového návěsu.

## 1.1 JEDNOÚČELOVÉ NÁSTAVBY

- Cisterna (obr. 1)
- Rozmetadlo chlěvské mrvy
- Senážní vůz (obr. 2)
- Nosič kontejnerů



Obr. 1 Cisterna NC Engineering [6]



Obr. 2 Senážní vůz JUMBO 10010 L [7]

## 1.2 VÝMĚNNÉ NÁSTAVBY

Systém výměnných nástaveb je konstruován tak, aby každá nástavba sloužila jako jednoúčelový stroj. Nástavba se zvedá pomocí hydraulicky výsuvných náprav, které nástavbu zvednou o cca 300 mm. V nástavbě jsou integrovány odklopné odstavné nohy. Nástavba se uloží na tyto nohy a obsluha vyjede zpod nástavby. Celá výměna dvou nástaveb trvá 20 - 30 minut.



Obr. 3 Systém výměnné nástavby WTC Písečná [8]



### 1.2.1 NÁSTAVBA SKLÁPĚCÍ

Nástavba sklápěcí (obr. 4) se dělí na dozadu sklápěná a sklápěná do dvou nebo tří stran. Nástavba dozadu sklápěná se nejčastěji využívá jako návěs pro přepravu obilovin, řepky, kukuřice a dalších zemědělských komodit. Tvar vnitřní části korby je kónický což usnadňuje vyprazdňování soudržných materiálů. Boční sklápění je výhodné v místech, kde je omezena výška zdvihu korby.

### 1.2.2 NÁSTAVBA CISTERNOVÁ

Je vhodná pro plnění, převoz a aplikaci kejdy, hnojůvky, vody apod. Cisternová nástavba se vyrábí v provedení kovová, zinkovaná a plastová. Skládá se ze samostatné nádrže, vakuokompresoru, hydraulického sacího ramena, horního nebo stranového otvoru pro plnění. Na přání zákazníka lze cisternu dovybavit kejdivým dělem, hydraulicky ovládaným vrchním uzávěrem, počítačové dávkování kejdy atd. (obr. 5)



Obr. 4 3-straně sklápěná korba Annaburger [9]



Obr. 5 Cisterna NTF 22NV ZDT [10]

### 1.2.3 ROZMETADLO CHLÉVSKÉ MRVY

Rozmetadla jsou univerzální aplikační prostředky, které jsou určeny pro aplikaci širokého spektra materiálů, jako jsou statková hnojiva, komposty, drůbeží trus, čistírenské kaly, vápno a šáma. Rozmetadlo se skládá z korby s posuvným dnem a rozmetacího ústrojí, které je tvořeno 2 nebo 3 vodorovně ležícími frézovacími válci a dvojicí rozmetacích kotoučů.



Obr. 6 Rozmetadlo Annaburger [9]





#### 1.2.4 VELKOOBJEMOVÁ KORBA

Velkoobjemová korba s použitím při sklizni a převozu travní senáže, silážní kukuřice, ale i pro převoz štěpky a dalších lehčích komodit. Nástavba se skládá z velkoobjemové korby, která dosahuje až 60 m<sup>3</sup> ložné plochy, a posuvného dna ve formě řetězových dopravníků. Zadní hydraulické čelo je jištěno proti pootevření. Nástavbu lze dovybavit automatickým zaplachtovacím systémem proti úletu komodit, monitorem s kamerou pro sledování prostoru korby a prostoru za vozem atd.



*Obr. 7 Velkoobjemová nástavba GIGA 45 ZDT [10]*

#### 1.2.5 KORBA S VÝTLAČNÝM ČELEM

Konstrukce korby s výtlačným čelem umožňuje vyložení nákladu bez nutnosti vyklápění korby. Výtlačné čelo může být ovládáno pomocí hydrauliky traktoru, nebo vlastním hydraulickým agregátem. Součástí posuvného systému jsou prvky proti přetížení, které vypnou posuv čela, např. pokud není otevřeno zadní čelo. Funkce výtlačného čela bývá využita i jako podávací zařízení u rozmetadla chlévské mrvy a umožňuje přesné odměření množství vykládaného materiálu.



*Obr. 8 ChubMax Annaburger [9]*



*Obr. 9 Výtlačové čelo [9]*



### 1.3 ULOŽENÍ NÁSTAVEB NA NOSIČI NÁSTAVEB

Nástavby jsou připevněny k nosiči trojím způsobem. Firma ZDT využívá systém uložení nástavby na koulích, ty jsou zajištěny pojistnými čepy. Druhý systém využívá firma Annaburger, která zajišťuje nástavbu pomocí rychlospojek. Posledním systémem je Twist-Lock, ten využívá například firma Hawe, Joskin. Stejný systém se používá u nákladní automobilové dopravy pro zajištění kontejneru na návěs.

#### 1.3.1 ULOŽENÍ NÁSTAVBY NA KOULÍCH

V přední části nosiče je uložena nástavba na válcové ploše, která je přidělna do uzavřeného profilu (obr. 10). Pohybu do stran je zamezeno pomocí tvarového styku na protikus válcové plochy a proti pohybu v podélném směru je korba zajištěna pojistným čepem, který je připevněn k rámu vozu řetízkem. Uložení v zadní části je pomocí nosiče na tvarových koulích (obr. 11). Proti pohybu do stran je zajištěn pomocí tvarového styku na protikus koule a proti pohybu v podélném směru stejným způsobem jako v přední části nosiče.



Obr. 10 Uložení v přední části [vlastní foto]



Obr. 11 Uložení v zadní části [vlastní foto]

#### 1.3.2 ULOŽENÍ NÁSTAVBY POMOCÍ SYSTÉMU TWIST-LOCK

Systém Twist-Lock je nejrozšířenější v nákladní automobilové dopravě a pro zemědělské účely tento systém využívají firmy Hawe, Bergmann, Joskun a další. Systém spočívá v uzávěrech Twist-Lock, které nástavbu spolehlivě drží. Způsob držení nástavby je v tvarovém šroubu, který se umístí do přesně tvarovaného protikusu a dotáhne se matice.



Obr. 12 Twist-Lock, Romill [vlastní foto]



Obr. 13 Twist-Lock na návěsu Hawe [11]



### 1.3.3 ZAJIŠTĚNÍ NÁSTAVBY POMOCÍ RYCHLOSPOJEK

Nástavba je uložena pomocí systému rychlospojek (obr. 14), které zajišťují upevnění nástavby v podélném směru a proti nadskočení nástavby během jízdy po nerovném povrchu. Zajištění nástavby proti pohybu do stran, ale i v podélném směru je pomocí vodících desek a čepů (obr. 15). Výhoda v tomto systému spočívá ve snadném a rychlém odjištění nástavby.



Obr. 14 Uložení pomocí rychlospojek [9]



Obr. 15 Uložení nástavby pomocí čepů [9]

## 1.4 ODSTAVNÝ SYSTÉM NÁSTAVEB

Způsobů výměny nástaveb na univerzálním podvozku je několik. Systém odpojení nástavby probíhá následujícím způsobem. Návěs se umístí prázdný na rovný a pevný povrch. Odpojí se všechny součásti, které spojují podvozek s nástavbou. Většinou to bývá kloubová hřídel, přívod oleje, přívod elektřiny a mechanické zajištění proti vzájemnému pohybu nástavby a podvozku. Po odpojení těchto součástí se zvedne nástavba přibližně o 150 mm, což je dostačující výška, kdy lze bezpečně odjet s podvozkem. Před odjetím podvozku je nutné přidělat odstavné nohy, které zasuneme do stejně profilovaných držáku na nástavbě. Na závěr spustíme podvozek zpět do pracovní polohy a tím položíme nástavbu na odstavné nohy. Při připojování nástavby postupujeme stejným způsobem jen v obráceném pořadí. Způsoby výměn nástaveb jsou podobné, jen samotné zvedání nástavby je řešeno každou firmou jiným způsobem [7].

### 1.4.1 ZVEDÁNÍ NÁSTAVBY POMOCÍ PŘÍMOČARÉHO HYDROMOTORU

Tento způsob zvedání využívají firma ZDT a to pomocí čtyř přímočarých hydromotorů umístěných na podvozku. Hydromotory (obr. 16) jsou ovládány tlakovým olejem z traktoru přes hydraulický rozvaděč. Rozvaděč zajišťuje rovnoměrný rozvod oleje do všech čtyř hydromotorů tak, aby se vysouval stejně rychle a nehrozilo žádné riziko převrácení nástavby.





*Obr. 16 Odstavný přímočarý hydromotor na návěsu ZDT [vlastní foto]*

#### **1.4.2 ZVEDÁNÍ NÁSTAVBY POMOCÍ HYDROPNEUMATICKÉHO ODPRUŽENÍ**

Tento systém zvedání využívají firmy Annaburger, ZDT i Bergmann. Záleží jen na přání zákazníka, jestli si zvolí tento typ náprav, a tudíž i způsob zvedání. Výhoda v tomto systému je, že není potřeba žádné zvedací zařízení a využívá přímočarého hydromotoru hydropneumatického odpružení náprav. Systém hydropneumatických náprav je ovládaný přímo z kabiny traktoru pomocí systému AMS. Přímocharé hydromotory zvednou nástavbu i s podvozkem o cca 300 mm. Tento systém umožňuje zvedání jednotlivých náprav při provozu. Zvedáním náprav se dosahuje šetření pneumatik i paliva traktoru [13].



*Obr. 17 Hydropneumatické zvedání nápravy na návěsu Bergmann [15]*

#### **1.4.3 JINÁ MOŽNOST ZVEDÁNÍ NÁSTAVEB**

Další možností odstavení nástaveb je pomocí zdvihacího zařízení. Návěsy a přívěsy, které nevyužívají systémy již zmíněny, bývají uzpůsobeny pro zdvihací zařízení. Nástavby mají závěsná místa pro uchycení háků jeřábu, nakladače atd. Pomocí zdvihacích zařízení lze nástavby uložit přímo na zem bez pomoci odstavných noh.



## 1.5 ULOŽENÍ NEPOUŽÍVANÝCH NÁSTAVEB

Nepoužívané nástavby se ukládají přímo na zem, pomocí zdvihacích zařízení, nebo na odstavné nohy (obr. 18). Odstavné nohy jsou vyrobeny z uzavřených tenkostěnných profilů s výztužnými žebry tak, aby mohl traktorista manipulovat s odstavnými nohami sám. Odstavné nohy jsou připevněny k nástavbě tak, aby nepřekáželi pracovnímu procesu a šířka návěsu nebo přívěsu nepřekračovala 2,55 m nebo jsou uloženy poblíž odkládacího místa nástavby.



*Obr. 18 Velkoobjemová nástavba Joskin [12]*

## 1.6 PŘEHLED A POROVNÁNÍ VELKOOBJEMOVÝCH VÝMĚNNÝCH NÁSTAVEB

V této kapitole byl proveden přehled a porovnání několika vybraných traktorových návěsů. Jednotlivé modely byly zvoleny tak, aby byly zastoupeny konstrukce velkých, ale i menších výrobců. Hlavním kritériem výběru byla velkoobjemová výměnná nástavba o objemu cca 55 m<sup>3</sup> s podvozkem se třemi nápravami.

Do přehledu byly zvoleny tyto nástavby:

- JOSKIN Silo – CARGO 24/50
- Annaburger HTS 33.03
- Fliegl ASW 3101
- HAWE SLW 50 TN
- Bergmann HTW 65 / 65 S
- Romill Mamut 56



### 1.6.1 JOSKIN SILO - CARGO 24/50

Jedná se o velkoobjemovou korbu o objemu 50 m<sup>3</sup>. Rám konstrukce je tvořen sadou nosných vertikálních sloupků z profilovaného plechu a sadou příček spojující svislé sloupky. Bočnice jsou z obou stran pozinkované a na vnější straně pokryté barvou.

Pro snadnější vyprazdňování má nástavba kónický tvar, kde šířka zadní části je o 5 cm větší než šířka přední části. Otvírání zadního čela je zabezpečeno pomocí 2 dvojčinných hydraulických válců. Při úplném otevření je zadní čelo cca 40 cm nad rámem korby což usnadňuje vyprázdnění nástavby.



Obr. 19 Velkoobjemová nástavba Joskin Silo – Cargo24/50 [12]

Nástavba je na nosič připevněna pomocí systému Twist-Lock (obr. 20). Samotné vyprazdňování zajišťují dva hydromotory, které jsou uloženy a chráněny pod podlahou od kterých jsou poháněny dva řetězové dopravníky se dvěma rychlostními stupni. Napínání řetězu je řešeno v přední části nástavby pomocí napínacích tyčí.



Obr. 20 Uložení nástavby pomocí systému Twist-Lock na návěsu Joskin [12]



Obr. 21 Řetězový dopravník Silo – Cargo [12]





### 1.6.2 ANNABURGER HTS 33.03

Jedná se o největší výměnnou nástavbu od výrobce Annaburger typu Multi Land Plus pro přepravu trávy, kukuřice, dřevní štěpky atd. o objemu 55 m<sup>3</sup>. Rám a karoserie tvoří svařovanou konstrukci. Uložení a zajištění nástavby na návěsu je realizováno pomocí systému rychlospojek (obr. 12). V podvozku je integrovaný systém hydropneumatického zvedání nápravy pro výměnu nástavby (viz obr. 16).



*Obr. 22 Velkoobjemová nástavba Annaburger HTS 33.79 [9]*

Průhledná přední část stěny je hydraulicky sklopná pro jízdu za řezačkou (obr. 23). Díky posuvné podlaze se třemi řetězovými dopravníky a kónickému tvaru nástavby usnadňující vyložení materiálu lze vůz vyprázdnit během 1,5 minuty. Bočnice korby jsou zhotoveny z trapézového plechu a připevněny k vertikálním sloupkům. V horní části nástavby je rám spojen třemi příčnými výztuhami, které omezují vyklonění bočnic do boku (obr. 24).



*Obr. 23 Průhledná přední část [9]*



*Obr. 24 Prostor uvnitř nástavby [9]*



### 1.6.3 FLIEGL ASW 3101

Společnost Fliegl nahrazuje systém posuvné podlahy systémem s výtlačným čelem. Jedná se o nástavbu s univerzálním použitím např. pro travní nebo kukuřičnou siláž, brambory, balíky slámy, ale i pro těžký materiál nebo sníh. Objem korby ASW 3101 je  $50 \text{ m}^3$ . Při naplnění korby travnatou siláží se objem materiálu po zhutnění může zvětšit až na  $80 \text{ m}^3$ . Na tento typ korby lze během několika minut namontovat rozmetadlo pro různý materiál nebo korba může být vybavena přeskládňovacím šnekem.



Obr. 25 Fliegl ASW 3101 [13]



Obr. 26 Výtlačné čelo u modelu ASW 3101 [13]

Pro ochranu naloženého materiálu vyvinula firma Fliegl zvedací střechu jménem „Toplift“ (obr. 27), která je podélně rozdělena a hydraulicky ovládaná. Výhodou této odklopné střechy je oproti běžně používaným shrnovacím plachtám to, že lze korbu nakládat při větším násypném kuželu a následně spolehlivě zakrýt.

Otevírání zadního čela je zabezpečeno pomocí dvou dvojčinných hydraulických válců (obr. 28).



Obr. 27 Odklopná střecha „Toplift“ [13]



Obr. 28 Hydraulické otevírání zadního čela [13]





#### 1.6.4 HAWE SLW 50 TN

Jedná se o velkoobjemovou nástavbu od výrobce HAWE o objemu 50 m<sup>3</sup>. Ocelový rám konstrukce je pozinkovaný a potažený plastem. Průhledná přední část stěny je hydraulicky sklopná pro jízdu za řezačkou. Odstavné nohy nejsou součástí korby a jsou samostatně uloženy na odstavné ploše. Samotné vyprazdňování zajišťují čtyři řetězy o průměru 13 nebo 14 mm s podlahovými lištami. Mez pevnosti v tahu těchto řetězů je 25 tun. Podlahové lišty jsou tvořeny z U-profilů o rozměrech 60/30 určené pro velké zatížení.



*Obr. 29 HAWE SLW 50 TN [14]*

Uložení a zajištění nástavby na návěsu je realizováno pomocí systému Twist-Lock (obr. 30). V podvozku je integrovaný systém hydropneumatického zvedání nápravy pro výměnu nástavby. Korba může být vybavena vstupními dveřmi, které jsou umístěny na pravé straně ve směru jízdy, do nákladového prostoru (obr. 31).



*Obr. 30 Zajištění nástavby pomocí systému Twist-Lock HAWE [14]*



*Obr. 31 Vstupní dveře do prostoru nástavby [14]*



### 1.6.5 BERGMANN HTW 65 / 65 S

Jedná se o velkoobjemovou výměnnou korbu od společnosti Bergman o objemu 51,3 m<sup>3</sup>. Pro zajištění rychlého vyložení přepravovaného materiálu má nástavba kónický tvar. Plně naložený vůz se vyprázdní za méně než 1 minutu. Podlahový dopravník má 2 – rychlostní oboustranný hydraulický pohon (obr. 33). Na čtyřech 14 x 50 mm silných řetězech, které mají pevnost v tahu 25 tun, jsou přišroubovány dopravní lišty, které jsou vhodné i pro trvale vysoké zatížení. Pro bezproblémové plnění vozu řezankou je horní část čelní stěny (600 mm) hydraulicky sklopná.



*Obr. 32 Velkoobjemová nástavba Bergmann HTW 65 / 65 S [15]*

Uložení a zajištění nástavby je realizováno pomocí systému Twist-Lock. V podvozku je integrovaný systém hydropneumatického zvedání nápravy pro výměnu nástavby. Samotné vyprazdňování zajišťují dva hydromotory, které jsou uloženy a chráněny pod podlahou (obr. 33). Otevírání zadního čela je zabezpečeno pomocí 2 dvojčinných hydraulických válců (obr. 34).



*Obr. 33 Pohon dopravníku pomocí 2 HM [15]*



*Obr. 34 Hydraulické otevírání zadního čela Bergmann HTW [15]*



### 1.6.6 ROMILL MAMUT 56

Jedná se o velkoobjemovou nástavbu od společnosti Romill o objemu 56 m<sup>3</sup>. Rám je tvořen z obdélníkového profilu 250 x 100 x 10 mm. Korba má opět kónický tvar a samotné vyprázdnění je zajištěno pomocí řetězového dopravníku do 2 minut. Zadní hydraulické čelo je proti pootevření jištěno hydraulickými zámky. Korba je vybavena přední hydraulickou klapkou k jízdě při prosekávání za řezačkou. Dále je zde boční sklopná pravá bočnice k nakládání materiálu nakladačem. Výměnná náprava je k podvozku připojena sadou 20 přípojných šroubů.



Obr. 33 Velkoobjemová nástavba Romill Mamut 56 [16]

Tab. 1 Parametry vybraných nástaveb, porovnání rozměrů, vlastností [9,12,13,14,15,16]

Typ nástavby	JOSKIN Silo- CARGO 24/50	Annabur ger HTS 33.03	Fliegl ASW 3101	HAWE SLW 50 TN	Bergman n HTW 65/65 S	Romill Mamut 56	ZDT 60
Objem [m <sup>3</sup> ]	50	55	50	50	51,3	56	60
Délka [m]	9,80	10,3	10,10	9,35	9,86	10,3	12,11
Šířka [m]	2,35-2,4	2,3-2,4	2,38	2,3-2,35	2,35-2,4	2,26-2,39	2,24- 2,32
Výška [m]	2,10	2,2	2,00	2,30	2,20	2,255	2,17
Přípustná hmotnost [kg]	26000	33000	29000	33000	34000	-	-

Přehled je věnován celkovým parametrům nástavby, jako jsou hlavní rozměry a hmotnosti. Pro lepší přehlednost byla do hodnocení zahrnutá i navrhovaná nástavba pro firmu ZDT o objemu 60 m<sup>3</sup>, jejíž parametry byly určeny z koncepčního návrhu.





## 2 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY

Konstrukce nástavby (i celého návěsu) a její provoz na pozemních komunikacích v České Republice se řídí podle zákona č. 56/2001 Sb. O podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů [3] a vyhláškou č. 341/2002 Sb. O schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích [4].

Podle vyhlášky v aktuálním znění jsou zemědělské a lesnické traktory a jejich přípojná vozidla zařazeny do kategorie zvláštních vozidel. Je nutno podotknout, že oproti zažitým názvům jednotlivých druhů hmotností se používají nové právní pojmy v souladu s pojmy používaných ve směrnici ES.

### 2.1 VYMEZENÍ JEDNOTLIVÝCH POJMŮ [4]:

*Provozní hmotnost vozidla* (dříve pohotovostní hmotnost) je myšlena hmotnost nenaloženého vozidla s karoserií a se spojovacím zařízením.

*Největší povolenou hmotností* (dříve celková hmotnost) je myšlena největší hmotnost, se kterou smí být vozidlo užíváno v provozu na pozemních komunikacích

*Největší povolenou hmotností na nápravu* (dříve povolené zatížení nápravy) je myšlena hmotnost odpovídající největšímu technicky přípustnému svislému statickému zatížení, kterým působí náprava na povrch vozovky.

*Okamžitou hmotností vozidla nebo jízdní soupravy* je myšlena hmotnost zjištěná v určitém okamžiku při jejich provozu na pozemních komunikacích.

*Největší technicky přípustná hmotnost vozidla* – největší hmotnost vozidla daná jeho konstrukcí a hmotností nákladu podle údajů výrobce vozidla.

Nejvyšší povolená hmotnost vozidla nesmí překročit hodnotu největší technicky přípustné hmotnosti vozidla.

*Výměnnou nástavbou* se rozumí samostatný technický celek, který je se základním vozidlem (nosičem výměnných nástaveb) v rozebíratelném spojení

Okamžitá hmotnost přípojného vozidla nebo přípojných vozidel smí být u soupravy s nejvyšší konstrukční rychlostí do  $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  nejvýše 2,5násobku hmotnosti tažného vozidla

Okamžitá hmotnost přípojného vozidla nebo přípojných vozidel smí být u soupravy s nejvyšší konstrukční rychlostí vyšší než  $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  nejvýše 1,5násobku hmotnosti tažného vozidla

#### **Pro traktorové přívěsy a návěsy platí ustanovení týkající se rozměrů vozidel:**

Největší povolená výška vozidel..... 4,00 m,

Největší povolená šířka vozidel kategorií M , M , N , O , OT ..... 2,55 m,

Největší povolená délka soupravy traktoru s jedním přívěsem (návěsem) ..... 18,00 m,

Nejvyšší konstrukční rychlost vozidel kategorie OT nesmí přesahovat  $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$



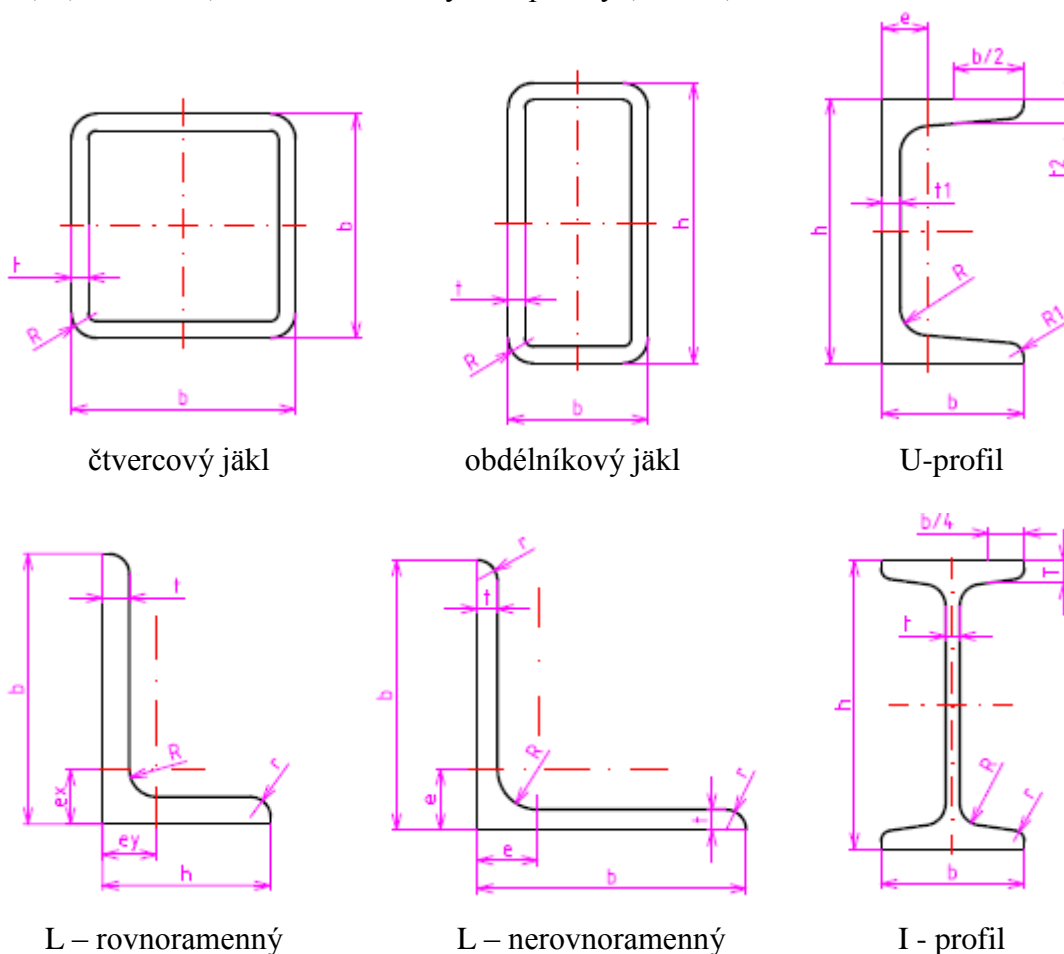
### 3 KONCEPČNÍ NÁVRH ŘEŠENÍ

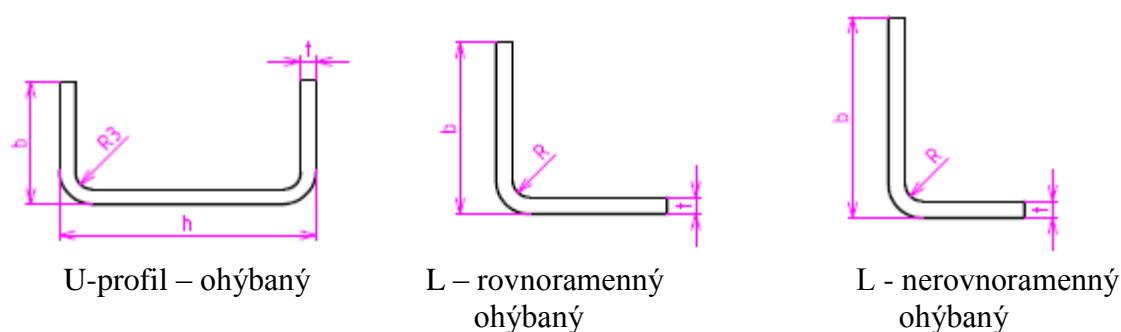
Konstrukce velkoobjemové nástavby je převážně vyráběna jako svařenec. Pevné bočnicové profily společně s podlahovým rámem tvoří nosnou konstrukci celé nástavby. Zadní čelo je výklopné, uložené k nosnému rámu. Bočnice jsou z profilovaného plechu a mohou být vybaveny vstupním otvorem do prostoru nástavby. Součástí předního čela je hydraulická klapka. Při návrhu konstrukce bylo vycházeno z požadavků na jednoduchou a přitom odolnou konstrukci, s parametry specifikovanými v zadání práce. Jednotlivé součásti jsou detailněji popsány v následujících kapitolách.

#### 3.1 NOSNÁ KONSTRUKCE NÁSTAVBY

Konstrukce rámu musí splňovat dobrou funkčnost, spolehlivost a dlouhou živostnost, ať se jedná o rám návěsu nebo přívěsu. Proto je nutné věnovat velkou pozornost volbě materiálu, jeho tvaru či vlastnostem. Od rámu se vyžaduje vysoká odolnost při namáhání na ohyb a určitá poddajnost při namáhání na krut. Ke spojení rámu se v dnešní době používá svařování. Tato technologie je relativně jednoduchá a dostupná. Další možností je použití nýtování, je to starší, dražší, náročnější technologie a nedosahuje se takové celkové tuhosti jako při svařování, ale oproti svařování nenese v sobě materiál zbytková napětí.

V dnešní době bývají univerzální nástavby vyráběny ze čtyř druhů profilů. Nástavba se liší dle výrobce, ale koncepčně jsou si hodně podobné. Obecně jsou používány profily tvaru U, L, čtvercové, obdélníkové a ohýbané profily (obr. 34).





Obr. 34 Používané konstrukční profily

### 3.1.1 TENKOSTĚNNÝ UZAVŘENÝ PROFIL

V současné době se většina výrobců návěsů rozhoduje pro tenkostěnné uzavřené obdélníkové profily. Tyto profily jsou nejvhodnější pro jejich dobré mechanické vlastnosti při nízké hmotnosti oproti ostatním tvářeným profilům, vysokou podélnou tuhost a nevyskytuje se zde vázané kroucení. Nevýhodou je však vysoká cena spojená s technologicky náročnou výrobou.

Nejčastěji se vyrábí tažením za tepla. Další možností výroby uzavřených profilů je ohýbaný C profil, který je uzavřen rovným plechem a následně zavařen nebo dva U-profil, otevřenou stranou proti sobě a následně jsou zavařeny. Takto vyráběné profily mají oproti ohýbaným čtvercovým průřezům z jednoho kusu celkově horší vlastnosti, a proto nejsou vhodné.

### 3.1.2 I-PROFIL

I-profil se využívaly v převážné míře dříve pro hlavní i vedlejší nosníky rámu přívěsů a návěsů. V současnosti se již tento profil nevyskytuje téměř u žádného výrobce traktorových návěsů pro vyšší nosnosti. V malé míře se však stále objevují u rámu přívěsů a také návěsů pro menší nosnosti. Při nesymetrickém zatížení profilu se zde vyskytuje nežádoucí vázané kroucení profilu a následně kroucení celé konstrukce. Výhodou je jeho vysoká tuhost a nízká cena spojená s poměrně jednoduchou výrobou.

I-profil může být vyroben válcováním za tepla nebo svařením ze tří plechů příslušné tloušťky. Svařované profily se využívají hlavně u automobilních návěsů.

### 3.1.3 U-PROFIL

Těchto profilů se využívá u příček mezi hlavními podélnými profily, pro výrobu uzavřeného profilu nebo pro rámy podvozků návěsů a přívěsů s menší celkovou nosností. Někteří výrobci však tento profil stále používají jako hlavní nosník rámu. Výhodou těchto profilů je vysoká tuhost a nízká cena. Nevýhodou je vázané kroucení.

U-profil bývají vyrobeny tvářením za tepla nebo ohýbáním z plechu. Profily vyrobené ohýbáním jsou lehčí, ale mají horší mechanické vlastnosti a vyšší cenu.



#### 3.1.4 NOSNÝ RÁM NÁSTAVBY



*Obr. 35 Koncept rámu velkoobjemové nástavby*



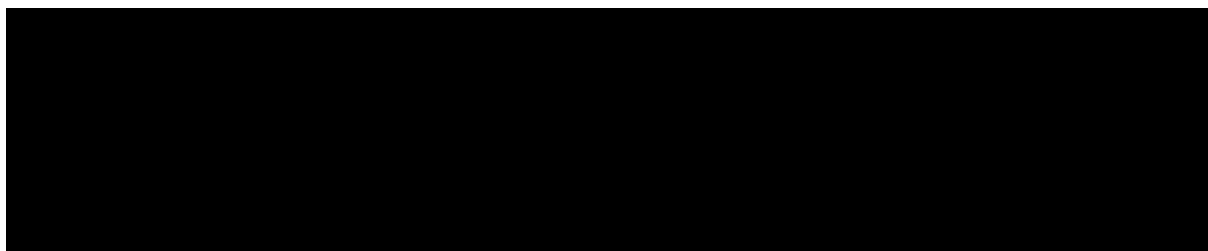
*Tab. 2 Popis a vlastnosti pozic na obr. 35*

Country	Year	Population (millions)	Urban population (millions)	Urban population (% of total)	Population density (per sq km)
Algeria	2000	24.0	10.0	41.7	1.5
Algeria	2001	24.2	10.2	42.2	1.5
Algeria	2002	24.4	10.4	42.6	1.5
Algeria	2003	24.6	10.6	43.1	1.5
Algeria	2004	24.8	10.8	43.6	1.5
Algeria	2005	25.0	11.0	44.0	1.5
Algeria	2006	25.2	11.2	44.5	1.5
Algeria	2007	25.4	11.4	45.0	1.5
Algeria	2008	25.6	11.6	45.5	1.5
Algeria	2009	25.8	11.8	45.9	1.5
Algeria	2010	26.0	12.0	46.3	1.5
Algeria	2011	26.2	12.2	46.8	1.5
Algeria	2012	26.4	12.4	47.2	1.5
Algeria	2013	26.6	12.6	47.6	1.5
Algeria	2014	26.8	12.8	47.9	1.5
Algeria	2015	27.0	13.0	48.3	1.5
Algeria	2016	27.2	13.2	48.7	1.5
Algeria	2017	27.4	13.4	49.1	1.5
Algeria	2018	27.6	13.6	49.5	1.5
Algeria	2019	27.8	13.8	49.8	1.5
Algeria	2020	28.0	14.0	50.0	1.5
Algeria	2021	28.2	14.2	50.5	1.5
Algeria	2022	28.4	14.4	50.9	1.5
Algeria	2023	28.6	14.6	51.2	1.5
Algeria	2024	28.8	14.8	51.5	1.5
Algeria	2025	29.0	15.0	51.8	1.5
Algeria	2026	29.2	15.2	52.2	1.5
Algeria	2027	29.4	15.4	52.5	1.5
Algeria	2028	29.6	15.6	52.9	1.5
Algeria	2029	29.8	15.8	53.2	1.5
Algeria	2030	30.0	16.0	53.5	1.5
Algeria	2031	30.2	16.2	53.8	1.5
Algeria	2032	30.4	16.4	54.1	1.5
Algeria	2033	30.6	16.6	54.4	1.5
Algeria	2034	30.8	16.8	54.7	1.5
Algeria	2035	31.0	17.0	55.0	1.5
Algeria	2036	31.2	17.2	55.3	1.5
Algeria	2037	31.4	17.4	55.6	1.5
Algeria	2038	31.6	17.6	55.9	1.5
Algeria	2039	31.8	17.8	56.2	1.5
Algeria	2040	32.0	18.0	56.5	1.5
Algeria	2041	32.2	18.2	56.8	1.5
Algeria	2042	32.4	18.4	57.1	1.5
Algeria	2043	32.6	18.6	57.4	1.5
Algeria	2044	32.8	18.8	57.7	1.5
Algeria	2045	33.0	19.0	58.0	1.5
Algeria	2046	33.2	19.2	58.3	1.5
Algeria	2047	33.4	19.4	58.6	1.5
Algeria	2048	33.6	19.6	58.9	1.5
Algeria	2049	33.8	19.8	59.2	1.5
Algeria	2050	34.0	20.0	59.5	1.5
Algeria	2051	34.2	20.2	59.8	1.5
Algeria	2052	34.4	20.4	60.1	1.5
Algeria	2053	34.6	20.6	60.4	1.5
Algeria	2054	34.8	20.8	60.7	1.5
Algeria	2055	35.0	21.0	61.0	1.5
Algeria	2056	35.2	21.2	61.3	1.5
Algeria	2057	35.4	21.4	61.6	1.5
Algeria	2058	35.6	21.6	61.9	1.5
Algeria	2059	35.8	21.8	62.2	1.5
Algeria	2060	36.0	22.0	62.5	1.5
Algeria	2061	36.2	22.2	62.8	1.5
Algeria	2062	36.4	22.4	63.1	1.5
Algeria	2063	36.6	22.6	63.4	1.5
Algeria	2064	36.8	22.8	63.7	1.5
Algeria	2065	37.0	23.0	64.0	1.5
Algeria	2066	37.2	23.2	64.3	1.5
Algeria	2067	37.4	23.4	64.6	1.5
Algeria	2068	37.6	23.6	64.9	1.5
Algeria	2069	37.8	23.8	65.2	1.5
Algeria	2070	38.0	24.0	65.5	1.5

Celková hmotnosť navrhovaného nosného rámu nástavby:  $m_{n1} =$   

### 3.1.5 ULOŽENÍ NÁSTAVBY NA NOSIČI NÁSTAVEB

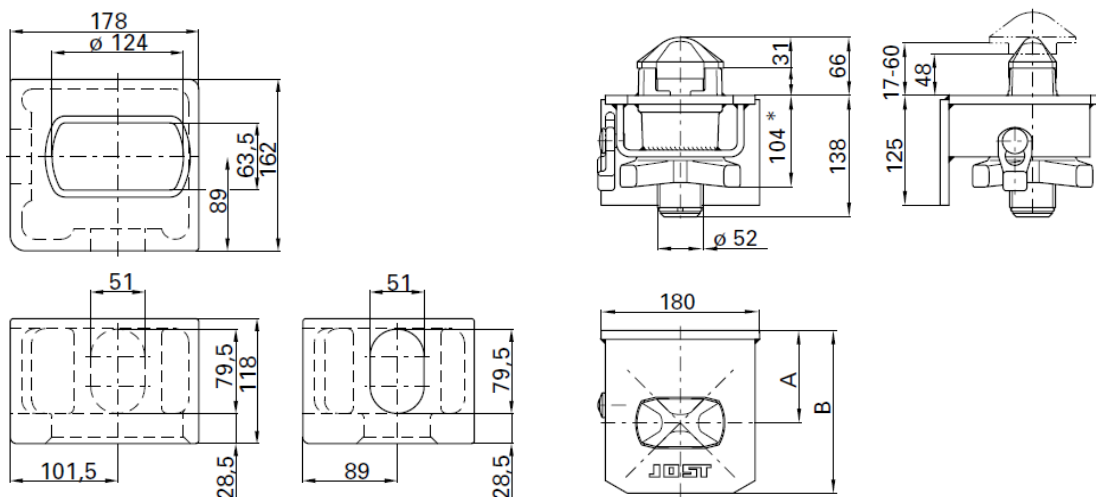
Nástavba je na univerzálním podvozku uložena pomocí systému Twist-Lock [1]. Tento systém odebírá 6° volnosti a zamezí tak nastavbě v pohybu v jakémkoliv směru. [2]



*Obr. 36 Uložení nástavby na univerzálním podvozku*

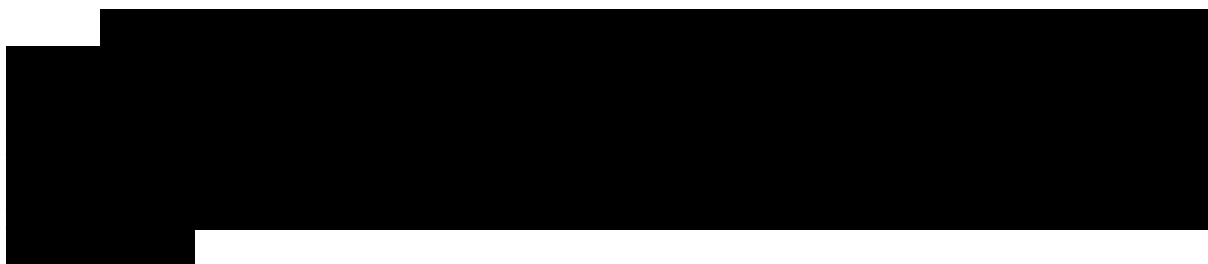


Zvolený Twist-Lock je od společnosti Jost typu CC 299 BL, který se používá pro kontejnerovou dopravu. Jako protikus byl vybrán typ R 402 F-R taktéž od společnosti Jost. Tento typ je určený pro maximální zatížení 34 000 kg s upevňovacím čepem o průměru 52 mm.



Obr. 37 Twist-Lock CC 299 [17]

### 3.1.6 PŘEDNÍ ČELO



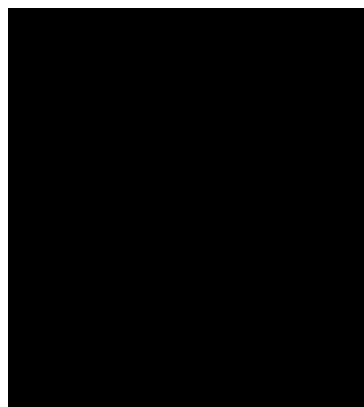
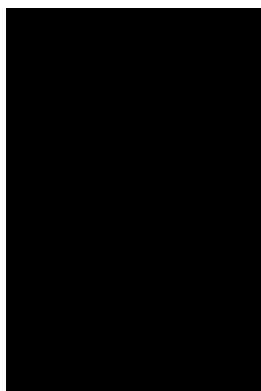
Obr. 39 Přední čelo nástavby



### 3.1.7 PODLAHA A DOPRAVNÍK NÁSTAVBY



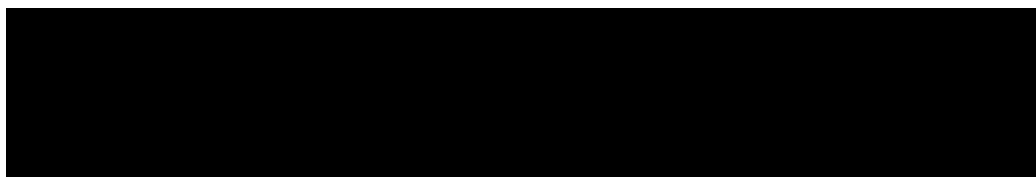
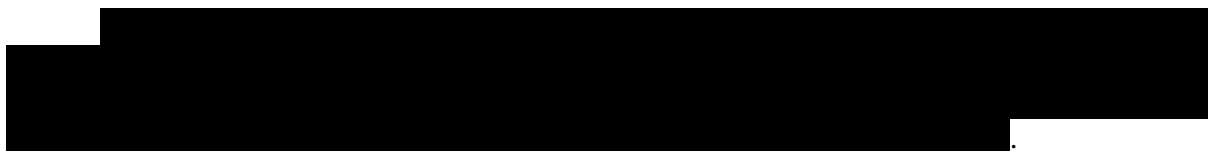
*Obr. 40 Přední část podlahy s  
dopravníkem*



*Obr. 41 Zadní část podlahy s dopravníkem*

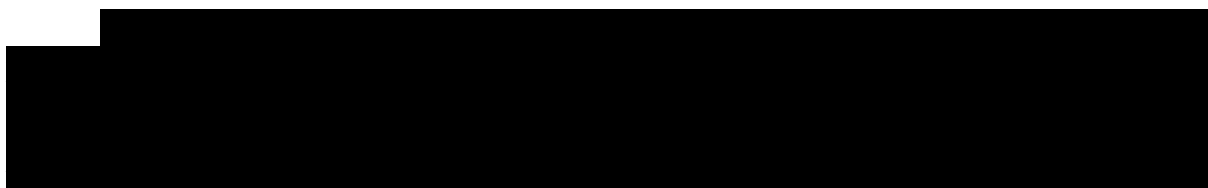


### 3.1.8 BOČNICE NÁSTAVBY



*Obr. 38 Trapézový plech [18]*

### 3.1.9 ZADNÍ VÝKLOPNÉ ČELO





Obr. 42 Zadní výklopné čelo

Tab.3 Popis a vlastnosti pozic na obr. 42



Celková hmotnost výklopného čela:  $m_{\xi} =$





## 4 ROZBOR SIL PŮSOBÍCÍCH NA NÁSTAVBU

Pro zajištění správné a spolehlivé funkce nástavby za běžných podmínek je důležité popsat rozbor sil působících na korbu. Jedná o stavy, ve kterých se nástavba nachází při běžném provozu.

V přepravní poloze je nutno uvažovat nejenom stojící nástavbu, resp. pohybující se konstantní rychlostí v před, ale i její akceleraci, brzdění a průjezd zatáčkou. V těchto režimech na nástavbu působí i jiná zrychlení než pouze gravitační.

### 4.1 BRZDĚNÍ NÁSTAVBY

V případě kdy je intenzivně brzděno na mezi blokování všech kol přívěsu, je pro všechny kola součinitel adheze stejný. Dle [1] je tento součinitel mezi pneumatikou a suchým povrchem vozovky maximálně 0,8. Pro brzděné kolo, které se odvaluje na mezi skluzu, na přívěsu vybaveném antiblokovacím zařízením (ABS,) by bylo nutno uvažovat i vyšších hodnot součinitele adheze. Tedy setrvačná (brzdná) síla všech kol je:

$$F_D = m \cdot g \cdot \mu \quad (1)$$

$$F_D = m \cdot a_B \quad (2)$$

kde:

- $F_D$  ... setrvačná (brzdná) síla [N]
- $m$  ... hmotnost vozidla s plně naloženou nástavbou [kg]
- $g$  ... gravitační zrychlení [ $\text{m/s}^2$ ]
- $\mu$  ... součinitel adheze [-]
- $a_B$  ... brzdné zrychlení [ $\text{m/s}^2$ ]

Z výše uvedeného vyplývá, že při brzdění na přívěs působí síla v podélném směru, která je rovna tíhové síle. Tedy v tomto stavu působí na nástavbu mimo gravitačního zrychlení ještě brzdné zrychlení, jehož maximální velikost je rovna gravitačnímu, tedy  $1g$ . Směr tohoto zrychlení je proti dopřednému pohybu vozidla.

### 4.2 AKCELERACE NÁSTAVBY

Z hlediska namáhání nástavby je nutno uvažovat i zrychlení, které vzniká při akceleraci nástavby. Velikost tohoto zrychlení je dle [1] v počáteční fázi tohoto pohybu cca  $2,5 \text{ m/s}^2$ . Pro splnění spolehlivé funkce nástavby je třeba uvažovat dopředné zrychlení nástavby do cca  $5,0 \text{ m/s}^2$ , tedy přibližně  $0,5g$ .

### 4.3 PRŮJEZD ZATÁČKOU

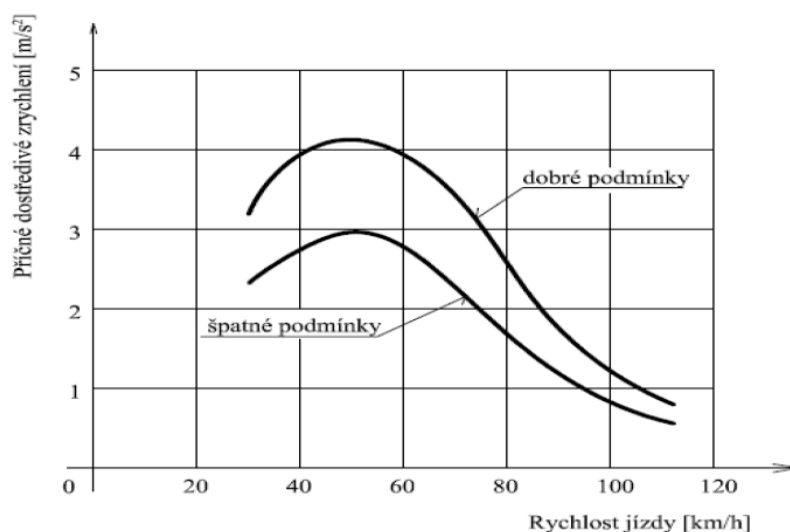
Při průjezdu zatáčkou nebo při vyhýbavém manévru musíme brát v úvahu i působení setrvačných sil v příčném směru.

Velikost příčného dostředivého zrychlení je dána vztahem:

$$a_p = \frac{v^2}{R} \quad (3)$$



kde:  $a_p$  ... příčné dostředivé zrychlení [ $\text{m/s}^2$ ]  
 $v$  ... rychlost pohybu vozidla [ $\text{m/s}$ ]  
 $R$  ... poloměr zatáčky [ $\text{m}$ ]



Obr. 43 V běžném provozu dosahovaná příčná dostředivá zrychlení [1]

Pro rozbor silového působení v příčném směru je třeba vycházet z výsledku měření ke způsobu jízdy v praktickém provozu. Tato měření prokázala, že je využíváno nižších hodnot příčného dostředivého zrychlení, než by umožňoval stav techniky, zejména adhezní možnosti pneumatik. Důvodem je psychologická bariéra, která brání řidičům užití vyšších příčných zrychlení vlivem vysoké rychlosti průjezdu zatáčkou. Křivka zjištěné závislosti velikosti využívaného příčného zrychlení na rychlosti jízdy je uvedena na Obr. 54. Maximální křivky představuje hodnota  $4,1 \text{ m/s}^2$ . Na základě stejné úvahy jako v případě brzdění a při započtení určité rezervy pak můžeme stanovit požadavek na konstrukci nástavby, aby odolávala příčnému zrychlení  $5 \text{ m/s}^2$ , tedy přibližně  $0,5 \text{ g}$  dle [1]

#### 4.4 VÝPOČET ZATÍŽENÍ

#### 4.4.1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY NÁSTAVBY:

- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- maximální měrná hmotnost přepravovaného materiálu je pro siláž  $\rho = 800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- [REDACTED] (5



#### 4.4.2 VÝPOČET ZATÍŽENÍ PODLAHY

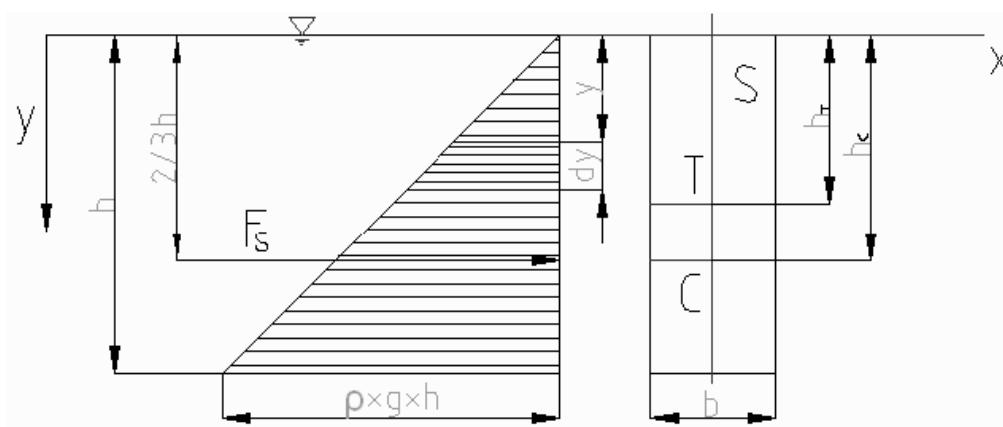
$$\begin{aligned}
 & \text{[Redacted text]} \\
 & \text{[Redacted text]} \\
 & \text{[Redacted text]} \\
 & - \text{[Redacted text]} \quad (8)
 \end{aligned}$$

#### 4.4.3 VÝPOČET ZATÍŽENÍ NA STĚNY NÁSTAVBY

Stěny jsou zatěžovány hydrostatickým tlakem, tedy spojitě a lineárně. Na horní hraně bočnice je namáhání nulové a na dolní hraně maximální (obr 44)

$$\begin{aligned}
 - \text{ síla na stěnu} \quad F_s &= \rho \cdot g \cdot b \cdot \int_0^h y \cdot dy = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot b \cdot h^2 = \rho \cdot g \cdot h_T \cdot b \cdot h \quad (9)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ poloha síly} \quad h_c &= \frac{I_x}{S \cdot h_T} = \frac{\frac{1}{3} \cdot b \cdot h^3}{\frac{1}{2} \cdot b \cdot h^2} = \frac{2}{3} \cdot h \quad (10)
 \end{aligned}$$



Obr. 44 Hydrostatický tlak

#### 4.5 VÝPOČET ZATÍŽENÍ PŘI PŘEPRAVĚ

Při přepravě jsou zatíženy stěny nástavby vlivem změny zrychlení (příčné a podélné). Převážený materiál tedy setrvává v pohybu a zatěžuje stěny. Když je návěs brzděn, zvyšuje se tlak na pření čelo. Pokud projíždí zatáčkou, tlak se koncentruje na bočnici. Zrychlení jsou určena pouze přibližně. Reálné hodnoty by bylo potřeba zjistit měřením v praxi na skutečném návěsu. Zatěžování stěn bude z důvodu zjednodušení výpočtové úlohy uvažováno jako

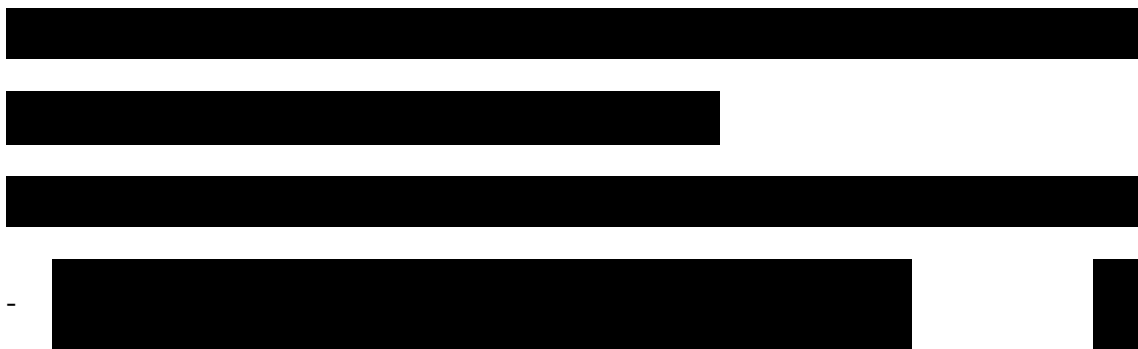


zatěžování hydrostatickým tlakem, tedy spojitě a lineárně. Toto hydrostatické zatížení bude mít pro stěny výpočtového modelu korby vyšší nároky na pevnost, než ve skutečnosti bude od sypkého nebo kusového materiálu v reálném prostředí.

#### 4.5.1 TLAK NA PŘEDNÍ ČELO VZNIKLÝ BRZDĚNÍM



#### 4.5.2 TLAK NA BOČNÍCI VZNIKLÝ PRŮJEZDEM ZATÁČKY



#### 4.5.3 TLAK NA ZADNÍ ČELO ZPŮSOBENÝ ZRYCHLENÍM





## 5 VÝPOČET NÁVRHOVÉ PEVNOSTI

Výpočet mezních stavů únosnosti pro materiály použité na nástavbě byl proveden dle ČSN 73 1401[2]

### 5.1 OCEL 11 523

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| - dolní mez kluzu                                  | $R_e = 355 \text{ MPa}$ |
| - dílčí součinitel spolehlivosti materiálu         | $\gamma_M = 1,15$       |
| - dynamický součinitel                             | $k_D = 1,05$            |
| - hodnota návrhové pevnosti odvozené od meze kluzu | $f_{yd}$                |
| - dovolené napětí obsahující dynamický součinitel  | $f_d$                   |

Hodnota návrhové pevnosti

$$f_{yd} = \frac{R_e}{\gamma_M} = \frac{355}{1,15} = 308 \text{ MPa}$$

Dovolené napětí obsahující dynamický součinitel:

$$f_d = \frac{f_{yd}}{k_D} = \frac{308}{1,05} = 293 \text{ MPa}$$

### 5.2 OCEL 11 375

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| - dolní mez kluzu                                  | $R_e = 235 \text{ MPa}$ |
| - dílčí součinitel spolehlivosti materiálu         | $\gamma_M = 1,15$       |
| - dynamický součinitel                             | $k_D = 1,05$            |
| - hodnota návrhové pevnosti odvozené od meze kluzu | $f_{yd}$                |
| - dovolené napětí obsahující dynamický součinitel  | $f_d$                   |

Hodnota návrhové pevnosti

$$f_{yd} = \frac{R_e}{\gamma_M} = \frac{235}{1,15} = 204 \text{ MPa}$$

Dovolené napětí obsahující dynamický součinitel:

$$f_d = \frac{f_{yd}}{k_D} = \frac{204}{1,05} = 194 \text{ MPa}$$



## 6 MKP ANALÝZA

Pevnostní kontrola navržené konstrukce rámu podvozku byla řešena pomocí metody konečných prvků (MKP), v anglickém překladu finite element method (FEM), v programu NX I-Deas.

Konstrukci rámu tvoří převážně tenkostěnné profily a plechy. Z tohoto důvodu byl pro MKP analýzu zvolen střednicový skořepinový model, který je pro výpočet těchto rámu vhodnější a rychlejší než objemový model.

### 6.1 TVORBA FEM MODELU

Skořepinový model je tvořen plochami, které představují střednice jednotlivých konstrukčních částí rámu. Potřebné plochy byly získány rozřezáním prvotně vytvořeného objemu. Tímto způsobem tvorby modelu je zamezeno ztrátě spojitosti ploch během výpočtu. Z důvodu rychlejší a jednodušší tvorby modelu bylo uvažováno několik zjednodušení. Těmito zjednodušeními jsou např. nahrazení šroubového spoje mezi trapézovým plechem a pásnicí svarovým spojem, zanedbání zaoblených a sražených hran profilů a plechů. Sníží se tak doba celého výpočtu.

### 6.2 POUŽITÉ PRVKY

**Thin shell** – jedná se o plošný čtyřuzlový prvek, tvořící síť střednicových ploch modelu. Každý uzel tohoto prvku má šest stupňů volnosti. Jsou mu přiřazeny odpovídající vlastnosti (tloušťka stěny a materiálové vlastnosti) nahrazované konstrukční částí.

**Rigid** – nehmotný prvek s nekonečně velkou tuhostí. Pomocí tohoto prvku lze spojit požadované uzly modelu. Je možné vzájemně propojit dva uzly nebo množinu uzlů s jedním uzlem.

Tento prvek byl použit pro náhradu spojení mezi nástavbou a univerzálním podvozkem a dále ke spojení zadního čela s rámem nástavby.

Tab. 4 Popis zatěžujících stavů

Zatěžující stav	Uložení nástavby	Směry zatěžujících sil					
		x	y	z	$a_x$	$a_y$	$a_z$
statická poloha	odstavné nohy		- g				
přeprava po rovině	univerzální podvozek		- g, - P				
přeprava - brzdění	univerzální podvozek		- g, - P		$-a_B$		
přeprava - zrychlení	univerzální podvozek		- g, - P		$a_d$		
přeprava – průjezd zatačkou	univerzální podvozek		- g, - P				$a_p$

Kde: g ...gravitační zrychlení [ $\text{m/s}^2$ ]

P ...hydrostatický tlak vyvolaný tíhou nákladu [Pa]



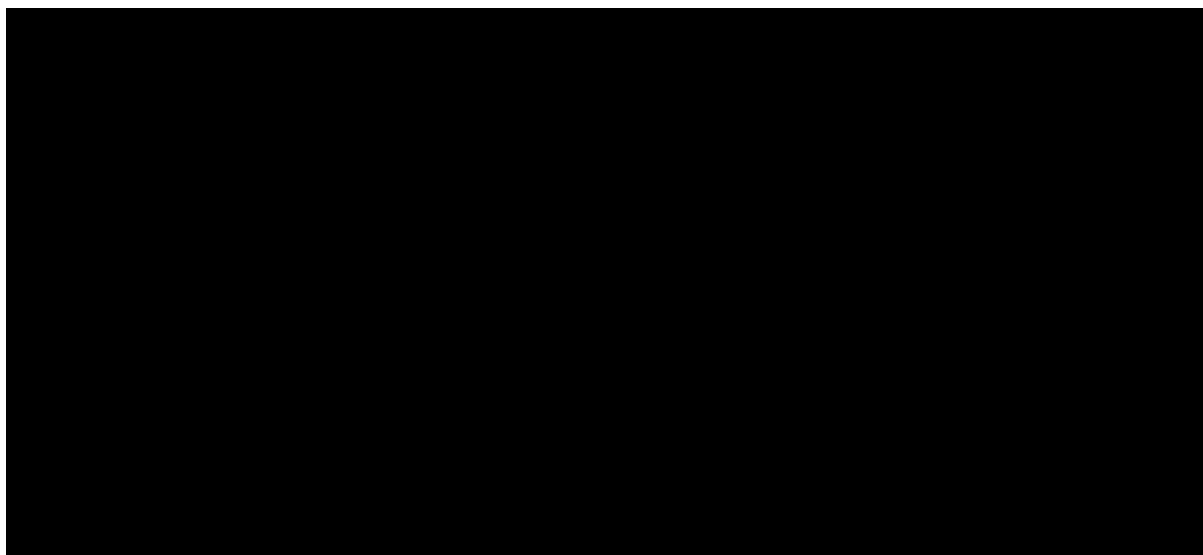
$a_B$  ...brzdné zrychlení [ $\text{m/s}^2$ ]  
 $a_d$  ...dopředné zrychlení [ $\text{m/s}^2$ ]  
 $a_p$  ...příčné dostředivé zrychlení [ $\text{m/s}^2$ ]

### 6.3 VÝSLEDKY VÝPOČTU NÁSTAVBY A JEJICH POPIS

Pro každý zátěžový stav byly vybrány dle mého názoru nejkritičtější místa konstrukce a následně bylo provedeno vyhodnocení jejich napjatosti.

Pokud není uvedeno jinak, následující výsledky jsou zobrazovány v deformovaném stavu. Stav napjatosti jsou určeny podle teorie HMH, v programu NX I-Deas se tato teorie nazývá Von Mises.

Hodnoty dosažených výsledků z MKP analýzy jsou porovnávány s hodnotami návrhové pevnosti  $f_{yd}$  vypočtenými v kapitole 5.



*Obr. 45 Skořepinový model nástavby s rozlišením tloušťek stěn*

*Tab. 5 Barevné rozlišení tl. prvků*

Tl. materiálu [mm]	Barva
1	Blue
3	Lalight blue
4	Cyan
5	Dark green
6	Green
8	Golden orange
10	Red

*Tab. 6 Druhy a počet použitých prvků*

Název prvku	Počet výskytu [-]
Thin shell	985514
Rigid	10



## 6.4 ULOŽENÍ NÁSTAVBY NA ODSTAVNÝCH NOHÁCH

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

### Dílčí závěr

[REDACTED]





## 6.5 PŘEPRAVA PO ROVINĚ

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

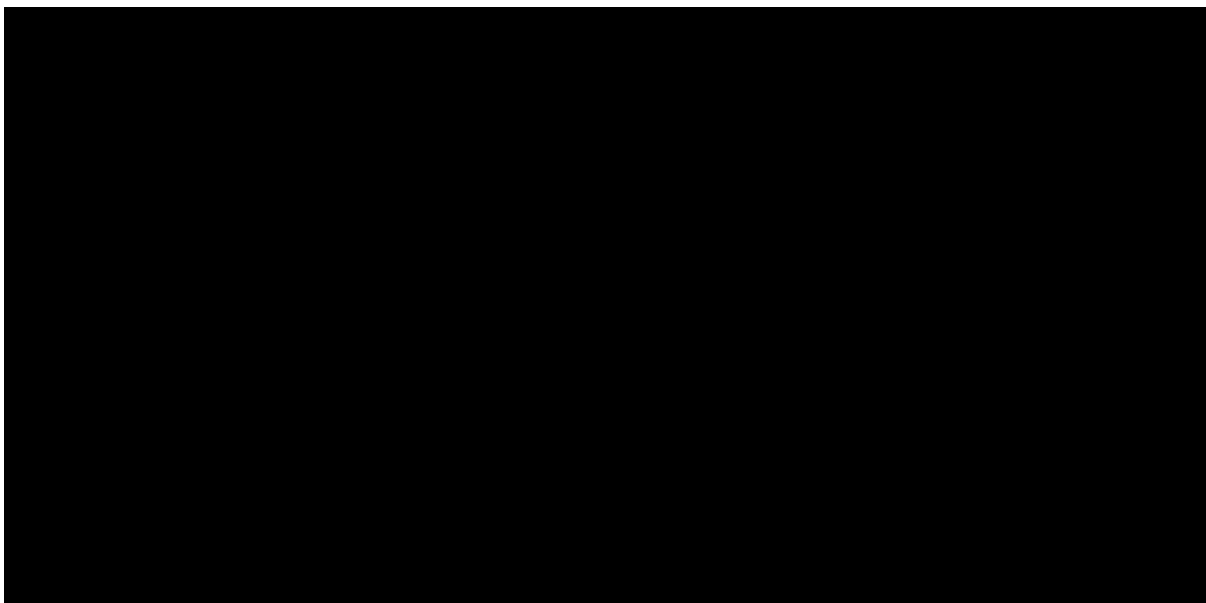
[REDACTED]

[REDACTED]

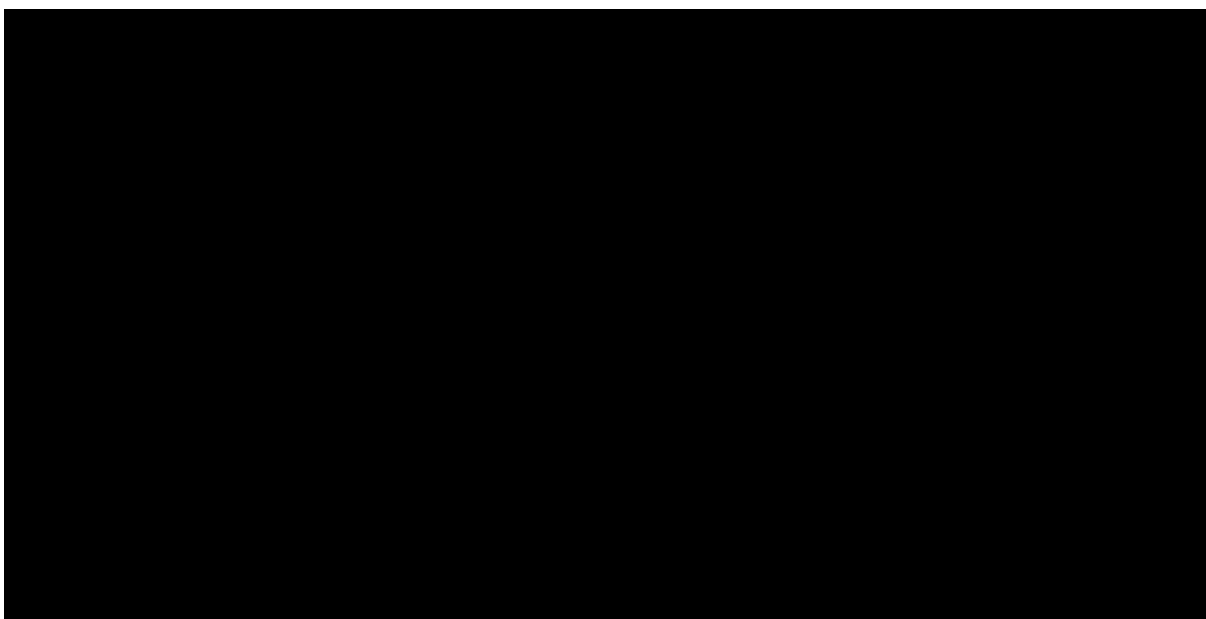
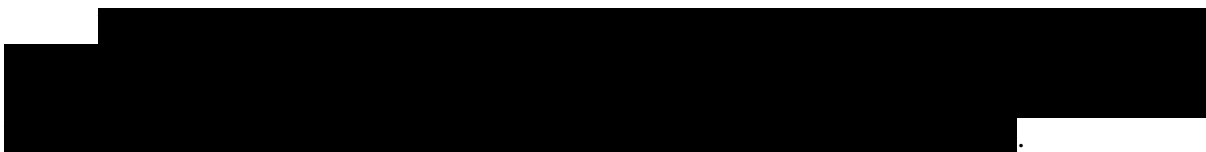
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



#### 6.5.1 MÍSTO S NEJVĚTŠÍM NAPĚTÍM –





#### 6.5.2 MÍSTO S NEJVĚTŠÍM NAPĚTÍM – [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

#### 6.5.3 MÍSTO S NEJVĚTŠÍM NAPĚTÍM – [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



#### 6.5.4 MÍSTO S NEJVĚTŠÍM NAPĚTÍM –

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

#### Dílčí závěr

[REDACTED]



## 6.6 PŘEPRAVA – BRZDĚNÍ

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

### Dílčí závěr

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



## 6.7 PŘEPRAVA – ZRYCHLENÍ

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

### Dílčí závěr

[REDACTED]

[REDACTED]



## 6.8 PŘEPRAVA – ZATÁČKA

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

### Dílčí závěr

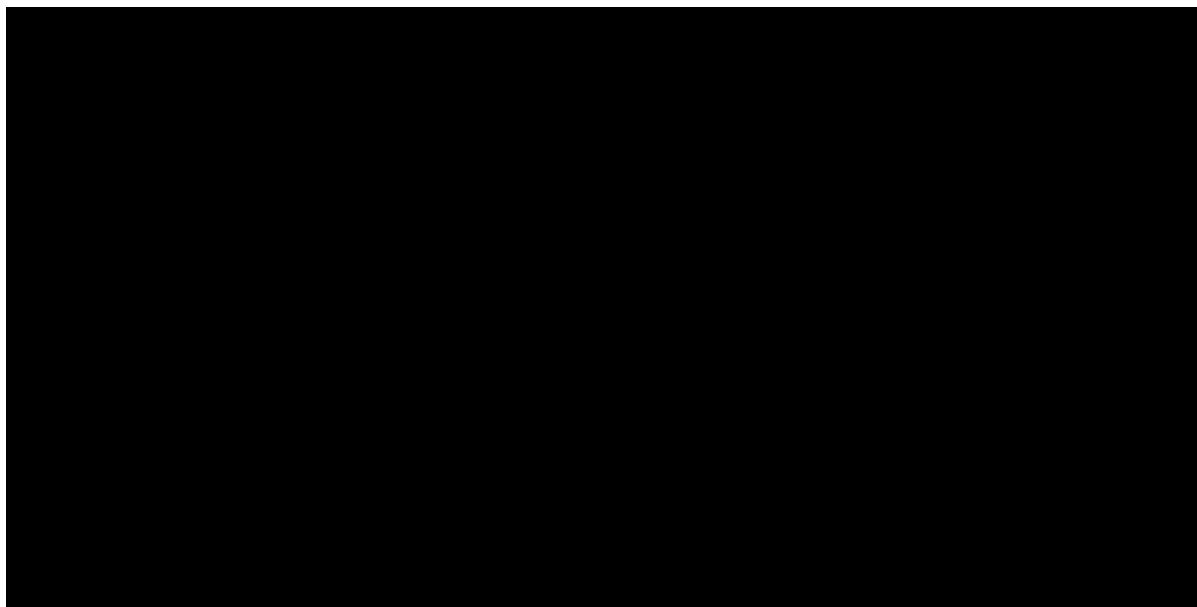
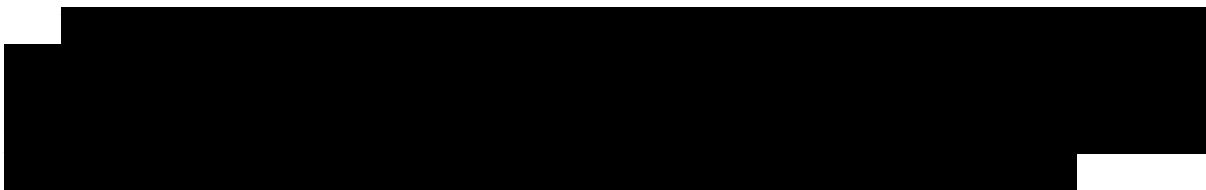
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



## 7 NÁVRH KONSTRUKČNÍCH ÚPRAV



*Obr. 56 Konstrukční úprava nástavby*

*Tab. 7 Popis a vlastnosti pozic na obr. 56*







Celková hmotnost navrhovaného nosného rámu nástavby po úpravě: XXXXXXXXXX





## 8 MKP ANALÝZA PO KONSTRUKČNÍ ÚPRAVĚ

### 8.1 PŘEPRAVA PO ROVINĚ

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



#### 8.1.1 MÍSTO S NEJVĚTŠÍM NAPĚTÍM –

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

#### 8.1.2 MÍSTO S NEJVĚTŠÍM NAPĚTÍM –

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



### 8.1.3 MÍSTO S NEJVĚTŠÍM NAPĚTÍM – OHÝBANÝ PROFIL

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

#### Dílčí závěr

[REDACTED]



## 8.2 PŘEPRAVA – BRZDĚNÍ

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

- [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



### 8.2.1 MÍSTO S NEJVĚTŠÍM NAPĚTÍM –

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

### 8.2.2 MÍSTO S NEJVĚTŠÍM NAPĚTÍM –

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



### 8.2.3 MÍSTO S NEJVĚTŠÍM NAPĚTÍM –

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

### Dílčí závěr

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



### 8.3 PŘEPRAVA – ZRYCHLENÍ

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

#### Dílčí závěr

[REDACTED]

[REDACTED]



## 8.4 PŘEPRAVA – ZATÁČKA

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]





#### 8.4.1 MÍSTO S NEJVĚTŠÍM NAPĚTÍM –

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

#### 8.4.2 MÍSTO S NEJVĚTŠÍM NAPĚTÍM –

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]:1



#### 8.4.3 MÍSTO S NEJVĚTŠÍM NAPĚTÍM –

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

#### MÍSTO S NEJVĚTŠÍM NAPĚTÍM –

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



#### 8.4.5 MÍSTO S NEJVĚTŠÍM NAPĚTÍM – [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

#### 8.4.6 MÍSTO S NEJVĚTŠÍM NAPĚTÍM – [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



#### 8.4.7 MÍSTO S NEJVĚTŠÍM NAPĚTÍM –

[REDACTED]

[REDACTED]

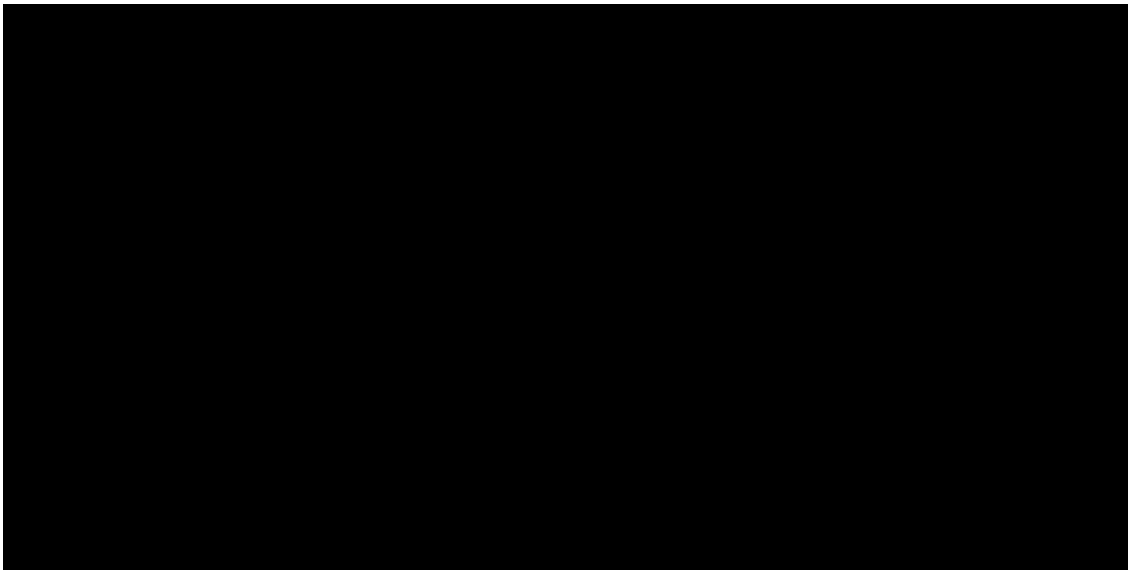
[REDACTED]

#### Dílčí závěr

[REDACTED]



# 9 VYHODNOCENÍ



Obr. 74 Konstrukční úprava nástavby (návrh 2.)

Tab. 8 Popis a vlastnosti pozic na obr. 74


[illegible]

V tabulce jsou uvedené maximální napětí pro 1. návrh rámu nástavby [REDACTED] a 2. návrh rámu [REDACTED], určené ze všech zatěžovacích stavů. Červeně jsou vyznačeny hodnoty, které překračují návrhovou pevnost na jednotlivých součástech. V závorce jsou uvedené nově zvolené tloušťky pro 2. návrh rámu.

Kde: Z ... průjezd zatáčkou  
A ... akcelerace nástavby  
B ... brzdění nástavby

Hmotnost navrhovaného rámu nástavby :

- návrh 1 :  $m_{n1} =$  XXXXXXXXXX
- návrh 2 :  $m_{n2} =$  XXXXXXXXXX





## ZÁVĚR

Diplomová práce řeší problematiku velkoobjemových výměnných nástaveb. V úvodní části je pojednáno o současných typech nástaveb a jejich částečný popis. Dále byly uvedeny možnosti uložení nástavby na univerzálním podvozku a způsoby výměn jednotlivých nástaveb. Hlavní rešeršní část se zaujímá porovnáním a popisem velkoobjemových výměnných nástaveb od různých výrobců. U několika konkrétních modelů byly popsány a porovnány základní parametry.

Hlavním cílem této práce však bylo provést koncepční návrh nosného rámu a pevnostní analýzu velkoobjemové výměnné nástavby o objemu 60 m<sup>3</sup>.

V závěru práce byla provedena pevnostní analýza nástavby i zadního čela. Úvodní část obsahuje rozbor vstupních parametrů, který je nezbytný pro určení zatížení korby. Samotný pevnostní výpočet zahrnuje pět zátěžových stavů. Při prvotním výpočtu byly zjištěny hodnoty napětí, které přesahují dovolené napětí. Následovala tedy konstrukční úprava rámu a její ověření kontrolní analýzou, která prokázala, že navržené úpravy plní svoji funkci. Výsledky analýzy byly použity pro popis celkové napjatosti rámu a kritických míst konstrukce. K práci byla dále vypracována výkresová dokumentace ve stanoveném rozsahu.

Vzhledem k tomu že nástavba byla analyzována staticky, doporučil bych další pevnostní analýzu při dynamickém zatěžování.

V diplomové práci se nebylo podrobně zabýváno návrhem a výpočtem napínacího zařízení, podlahového dopravníku, návrhem hydrauliky a jejich prvků. Zmíněné části nástavby byly součástí jiné diplomové práce.

*Obr. 75 Koncept velkoobjemové nástavby*



## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

### Literatura

- [1] PTÁČEK, Petr a Aleš KAPLÁNEK. 2002. *Přeprava nákladu v silniční nákladní dopravě*. Brno: CERM, 111 s. ISBN 80-720-4257-2.
- [2] Česká technická norma: ČSN 73 1401 Navrhování ocelových konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 1998. 136 s.
- [3] Zákon 56/2001 Sb. *O podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích*, Ministerstvo dopravy a spojů, 10. leden 2001
- [4] Vyhláška 341/2002 Sb. *O schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích*, Ministerstvo dopravy a spojů, 11. červenec 2002
- [5] ŠEDA, P. *Koncepce pro 5 nápravový přívěs / 4 nápravový návěs s výměnnými nástavbami*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 100 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

### Webové stránky

- [6] NC-ENGINEERING: *Vacuum tankers* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://www.nc-engineering.com/galleries/gallery-vacuum-tankers/>
- [7] POTTINGER: *Producte* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: [http://www.poettinger.at/cs\\_cz/Produkte/Detail/290/jumbo](http://www.poettinger.at/cs_cz/Produkte/Detail/290/jumbo)
- [8] WTC-PISECNA: *Zemedelska technika* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://www.wtc-pisecna.eu/zemedelska-technika>
- [9] ANNABURGER NUTZFAHRZEUG: *ProdukteLandtechni* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://www.annaburger.de/ProdukteLandtechnik.html>
- [10] ZDT NOVÉ VESELÍ: *Katalog produktů* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://www.zdt.cz/>
- [11] HAWE: *Transportieren mit Leidenschaft* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://www.hawe-wester.de/>
- [12] JOSKIN SILAGE TRILERS: *Silo-space* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://www.joskin.com/?page=silo-space>
- [13] FLIEGL - AGRATECHNIK: *Vůz s výtlačným čelem ASW* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://www.fliegl-agrartechnik.de/vz-s-vtlanm-elem-asw/150/3259/2547/>
- [14] HAWE: *Silage Transport Trailers* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: [http://www.hawe-wester.de/files/hawe\\_slw\\_8-eng-1.pdf](http://www.hawe-wester.de/files/hawe_slw_8-eng-1.pdf)



- [15] *BERGMANN: Forage Transport Trailer* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: [http://www.bergmann-goldenstedt.de/front\\_content.php?idart=14](http://www.bergmann-goldenstedt.de/front_content.php?idart=14)
- [16] *ROMILL: Zemědělská dopravní technika* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://www.romill.cz/cz/zemedelska-dopravni-technika-mamut>
- [17] *JOST WORLD: Product* [online]. [cit. 2015-05-07]. Dostupné z: <http://catalogues.jost-world.com/en/jost-containertechnik/twist-locks.html>
- [18] *SABPROFIEL: Trapezblech* [online]. [cit. 2015-05-07]. Dostupné z: <https://www.sabprofil.de/produkte/profilbleche/trapezblech.html>



## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AMS	ANNABURGER Maschinen Steuerung
ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
FEM	Finite element method
MKP	Metoda konečných prvků
HMH	Huber, Mises, Hencky (podmínka plasticity)
ZDT	Zemědělská a dopravní technika

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

A	[-]	akcelerace nástavby
$\gamma_M$	[-]	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
$\mu$	[-]	součinitel adheze
$a_B$	$[m \cdot s^{-2}]$	brzdné zrychlení
$a_d$	$[m \cdot s^{-2}]$	dopředné zrychlení
$a_p$	$[m \cdot s^{-2}]$	příčné dostředivé zrychlení
B	[-]	brzdění nástavby
$F_b$	[N]	Síla na bočnici vzniklá zatáčením
$F_D$	[N]	setrvačná brzdná síla
$F_g$	[N]	tíhová síla nákladu
$F_{pc}$	[N]	síla na přední čelo vzniklá brzděním
$F_s$	[N]	síla působící na stěnu
$f_{yd}$	[-]	hodnota návrhové pevnosti odvozené od meze kluzu
$f_{yd}$	[-]	dovolené napětí obsahující dynamický součinitel
$F_{zc}$	[N]	síla na zadní čelo vzniklá akcelerací
g	$[m \cdot s^{-2}]$	gravitační zrychlení
$h_c$	[m]	poloha síly
$k_D$	[-]	dynamický součinitel
l	[m]	užitečná délka nástavby
m	[kg]	hmotnost vozidla s plně naloženou nástavbou
$m_p$	[kg]	max. hmotnost přepravovaného materiálu
$m_{n1}$	[kg]	hmotnost navrhovaného nosného rámu nástavby



$m_{\check{c}}$	[kg]	hmotnost výklopného čela
$m_{n2}$	[kg]	hmotnost navrhovaného nosného rámu nástavby po úpravě
$P$	[Pa]	hydrostatický tlak vyvolaný tíhou nákladu
$p_p$	[Pa]	tlak na podlahu
$p_p$	[Pa]	tlak na vzniklý zatačením
$P_{pc}$	[Pa]	tlak na čelo vzniklý brzděním
$p_{zc}$	[Pa]	tlak na zadní čelo vzniklý akcelerací
$R$	[-]	poloměr zatačky
$R_e$	[MPa]	dolní mez kluzu
$S$	[m <sup>2</sup> ]	užitečná plocha podlahy
$S_b$	[m <sup>2</sup> ]	užitečná plocha bočnice
$S_{pc}$	[m <sup>2</sup> ]	užitečná plocha předního čela
$S_{zc}$	[m <sup>2</sup> ]	užitečná plocha zadního čela
$\check{s}$	[m]	užitečná šířka nástavby
$\check{s}_1$	[m]	užitečná šířka nástavby vpředu
$\check{s}_2$	[m]	užitečná šířka nástavby vzadu
$v$	[m·s <sup>-2</sup> ]	rychlost pohybu vozidla
$v$	[m]	užitečný výška nástavby
$V$	[m <sup>3</sup> ]	užitečný objem nástavby
$Z$	[-]	průjezd zatačkou
$\rho$	[kg·h <sup>-3</sup> ]	max. měrná hmotnost přepravovaného materiálu



## SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

číslo výkresu	název výkresu	formát výkresu
1-3P/21-00/00	Výměnná nástavba	A1
1-3P/21-00/00	Výměnná nástavba – seznam položek	A4
2-3P/21-02/00	Zadní čelo	A2
2-3P/21-02/00	Zadní čelo – seznam položek	A4
3-3P/21-05/00	Sklopné přední čelo	A3
4-3P/21-02/03	Vnitřní plech	A4
4-3P/21-05/05	Spodní oko	A4